

ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE CIERTOS SISTEMAS TORMENTOSOS PARTICULARMENTE DESASTROSOS QUE SE PRODUCEN CERCA DE LAS COSTAS MEDITERRÁNEAS FRANCESAS (*)

Jean-Charles Rivrain (METEO-FRANCE)

RESUMEN

Las costas mediterráneas de Francia se ven afectadas a veces, en verano y en otoño, por sistemas tormentosos nioesocálicos que dan lugar a desastres importantes. Los que ocurrieron en los últimos años tenían un aspecto característico: sistema en forma de V, cuasiestacionario y regenerativo. La comparación sistemática de varios episodios y la lectura de publicaciones tratando de fenómenos parecidos nos permitieron caracterizar el fenómeno y tratar de determinar el ambiente sinóptico favorable.

1. Introducción.

Desde 1988, cuatro de esos sistemas fueron seleccionados por las precipitaciones torrenciales y las inundaciones a veces tremendas que provocaron 8 muertos en Nîmes el 3 de octubre de 1988. En cada caso, la ciudad más afectada da su nombre a la situación:

Nîmes: 3 de octubre de 1988.

La cantidad total de precipitación registrada fue de 410 l/m².

El fenómeno principal duró unas 8 horas.

Intensidad máxima horaria: 50 l/m².

Narbonne: 5 de agosto de 1989.

La cantidad total de precipitación registrada fue de 234 l/m².

El fenómeno principal duró unas 3 horas.

Intensidad máxima horaria: 60 l/m².

Pézenas: 19 de septiembre de 1989.

La cantidad total de precipitación registrada fue de 200 l/m².

El fenómeno principal duró unas 5 horas.

Intensidad máxima horaria: 64 l/m².

Châteauneuf-du-Pape: 30 de julio de 1991.

La cantidad total de precipitación registrada fue de 265 l/m².

El fenómeno principal duró unas 7 horas.

130,5 l/m² en una hora.

81 l/m² en media hora.

28 l/m² en 6 minutos.

2. El fenómeno.

En todas estas situaciones, una animación bien sea de imágenes METEOSAT IR o de imágenes de reflectividad radar presenta un fenómeno

(*) En lo separata de este volumen hay seis imágenes en color correspondientes o esta comunicación

tormentoso más o menos en forma de V cuya punta indica la dirección de donde viene el viento en la troposfera media. La punta de la V (el vértice) está cuasiestacionaria. Los brazos de la V limitan una masa nubosa de aspecto convectivo. Esta masa nubosa se comporta como un penacho de humo siguiendo el flujo de la troposfera media y parece regenerarse continuamente en la punta de la V.

Los meteorólogos del CMIR de la Región Sureste notaron rápidamente el aspecto muy significativo de estas masas nubosas convectivas y por eso llamaron familiarmente "penacho W" a este fenómeno.

Al leer algunas publicaciones que trataban de sistemas tormentosos generadores de precipitaciones e inundaciones torrenciales en los Estados Unidos (Scofield, 1985), nos convencimos de que nuestros "penachos" se parecían mucho a varios fenómenos ya conocidos, de varios tamaños, y llamados:

2.1. **"Large scale wedge" o "cuña de gran escala".**

Este sistema tormentoso forma un ángulo de 40 a 90° con la punta contra el viento. El fenómeno suele producirse en el Este de profundas vaguadas (en 500 hPa). A menudo, al pasar, una vaguada de corta longitud de onda dispara el fenómeno. Alimentado por un flujo persistente de aire cálido y húmedo en las capas bajas, la cuña de gran escala se encuentra aquí donde se separan el chorro polar y el chorro subtropical. A veces la cuña de gran escala se produce sobre una línea de turbonada. Se puede observar una importante rotación de los vientos con la altitud.

2.2. **"Linear multiclustered system" o "poli-agrupación lineal".**

Al contrario del "circular multiclustered system", esta aglomeración de tormentas no presenta una forma circular, sino a menudo una forma de cuña, de zanahoria o de diamante. Más pequeña que la cuña de gran escala, presenta a menudo esta forma característica de "V" (*V-pattern*). Las cimas nubosas frías se encuentran en la punta de la V, zona de barlovento donde se producen las precipitaciones más importantes. También se observa la forma en V en las imágenes radar y, claro, la punta de la V es la zona de reflectividades más

fuertes. Este fenómeno, estacionario y de crecimiento rápido, depende de la existencia de un máximo de chorro en altitud y de un forzamiento en los niveles bajos. El ángulo de la V es tanto más estrecho cuanto mayor sea la cizalladura vertical del viento.

2.3. **"Regenerative system" o "sistema regenerativo".**

En este fenómeno, los sistemas convectivos se forman en la zona de barlovento de una frontera de capas bajas y siguen trasladándose siguiendo el flujo abajo, a lo largo de la misma. Se puede observar sobre las imágenes radar un efecto característico llamado "tren de ecos". Una animación de varias imágenes es la mejor herramienta para detectar un sistema regenerativo. Si la regeneración de células convectivas es muy rápida, puede parecerse el sistema a una cuña (*wedge*) de pequeña escala de tipo "*linear multiclustered*". Un análisis muy cuidadoso de los datos convencionales sinópticos puede revelar una línea de convergencia. En superficie, una depresión mesoescalar focaliza un flujo muy húmedo perpendicular a la frontera o línea de convergencia.

2.4. **El "penacho".**

Podemos considerar este aspecto de "penacho" regenerándose desde un punto bastante estacionario, como la señal de un sistema convectivo de mesoescala particularmente violento y capaz de producir precipitaciones intensas e incluso inundaciones desastrosas con consecuencias nefastas sobre la vida humana y sus bienes materiales. Pero este aspecto no es el reflejo de una estructura interna particular: varias estructuras convectivas de diversas escalas parecen presentar esta forma.

3. **Tentativa de caracterización del "penacho" o "tormenta en V" de las regiones mediterráneas francesas, y de determinación del ambiente sinóptico más favorable a su formación y su desarrollo.**

El estudio comparativo de las cuatro situaciones y de los fenómenos semejantes encontrados en la literatura ha permitido llegar a algunas conclusiones que tratamos de utilizar de modo operativo para la predicción a corto plazo.

3.1. Caracterización del "penacho".

- Es un fenómeno convectivo que puede existir en varias escalas, pero dentro de la mesoescala.

- Da lugar a tormentas violentas con precipitaciones intensas y generalmente inundaciones.

- Parece formarse más bien en verano y en otoño (hasta ahora, los ejemplos observados se han producido entre julio y octubre).

- Puede iniciarse en cualquier momento del día o de la noche.

- Puede nacer sobre una línea de turbonada, una línea de convergencia o un frente frío. (Estas fronteras suelen tener una orientación Norte-Sur).

- En las imágenes satelitarias IR y/o en las imágenes de reflectividad radar, este fenómeno presenta una forma característica de V cuya punta

indica la dirección de donde viene el viento en la troposfera media. El ángulo de la V está más o menos abierto. La abertura parece depender de la cizalladura vertical del viento.

- La masa nubosa asociada puede presentar, en las imágenes satelitarias IR una zona más fría, más o menos grande, ligada a menudo a un "overshoot" (los ascensos traspasan la tropopausa), localizada cerca de la punta de la V, y bajo la cual se producen la mayor parte de las precipitaciones. Por eso se producen siempre las inundaciones cerca de la punta de la V, en la zona de barlovento, donde existen ascensos potentes (bajo el "overshoot") y también subsidencias violentas capaces de desarrollar en superficie un frente de rachas (gustfront).

Aquí las precipitaciones son más bien de tipo estratiforme.

- La punta de la V resulta cuasiestacionaria durante varias horas, lo que, por acumulación, aumenta la importancia de las precipitaciones.

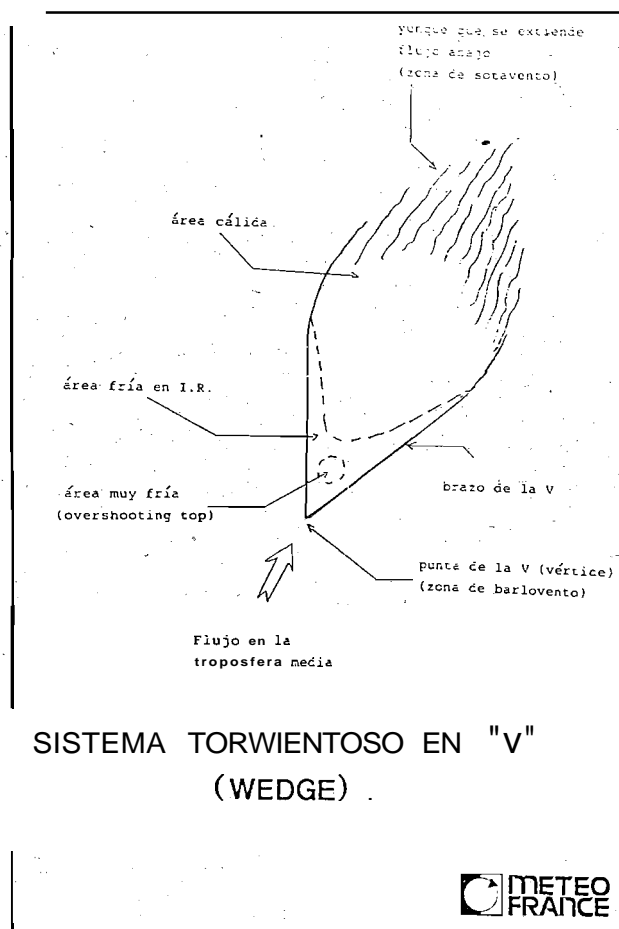


Figura 1

- Si, en predicción operativa, se dispone de bastantes imágenes sucesivas (satelitarias infrarrojas y/o reflectividad radar), una animación de las mismas tiene el aspecto de una llama o de un penacho de humo flameando en el flujo de media troposfera.

- Como consecuencia de la advección cálida, el perfil vertical de viento presenta sobre el sondeo una cizalladura característica en dirección: viento del E al SE en superficie, viento del SSE a S en 850 hPa, y por fin viento del SW en 500 hPa.

3.2. Ambiente sinóptico favorable a su formación.

3.2.2. Factores más específicos de las situaciones con "penacho".

3.2.1. Factores comunes a la mayoría de las perturbaciones mediterráneas de carácter inestable que afectan el Sureste de Francia.

- En 500 hPa, una gota fría o una vaguada induce un flujo de SW con curvatura ciclónica.
- Aire bastante frío en altura, tomando en consideración la temporada (las cuatro situaciones estudiadas se produjeron con temperaturas en 500 hPa entre -13 y -17°C).
- Marcada advección de aire cálido (y húmedo) en las capas bajas y marcado flujo del Sur en 850 hPa.

- A menudo, en altura, una onda corta (una vaguada de corta longitud de ondas, satélite de la vaguada estacionaria o de la gota fría) circula en el flujo del SW, trayendo aire frío en altura, ciclogénesis y vorticidad cuando pasa sobre nuestra región.

- Siempre, en superficie, encontramos una marcada corriente del E al SE, con nubosidad baja de origen marítimo, también con valores elevados de temperatura y punto de rocío (éstos suelen superar los 20°C) y sobre todo valores bajos de la depresión del punto de rocío T-Td (no suelen superar los 2 a 3 grados).

- Los sondeos presentan un perfil inestable y a menudo muy húmedo (en los perfiles favorables a la formación de líneas de turbonada).

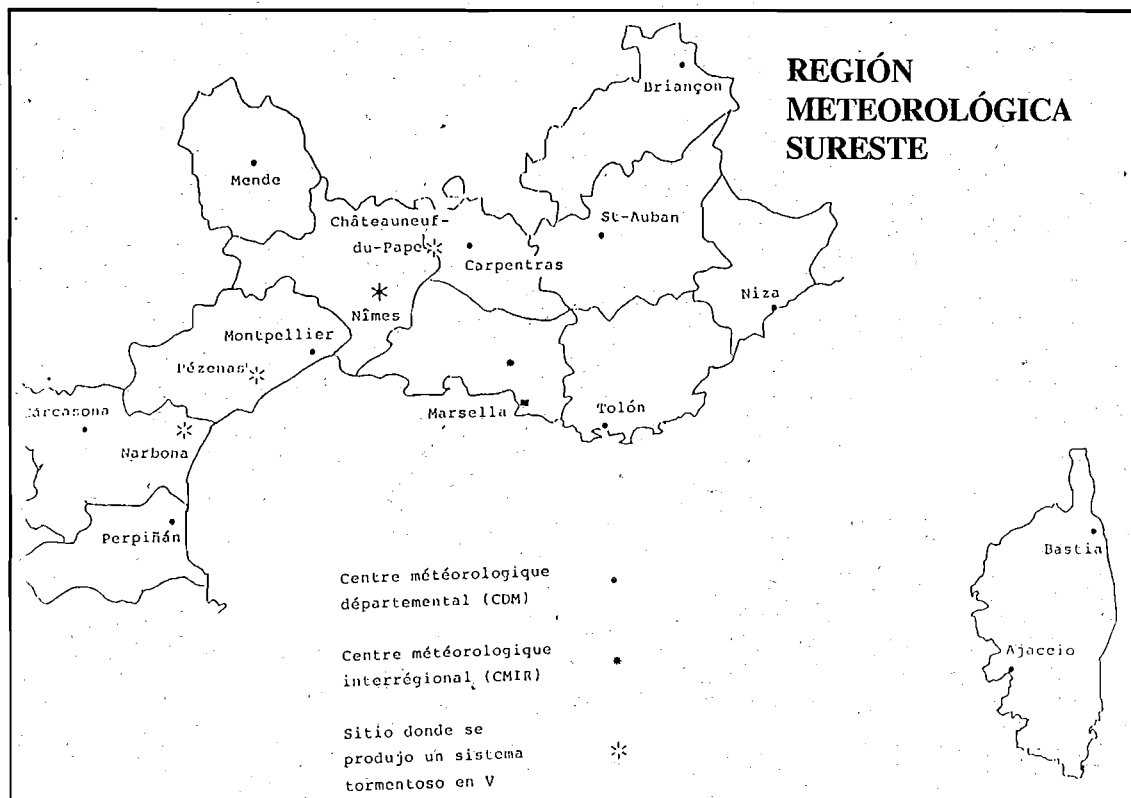


Figura 2

- Prestando una atención especial en los mapas de superficie o de 850 hPa, se suele detectar una línea de convergencia de vientos. Tal línea de convergencia puede, a veces, ser prevista por el modelo de área limitada PERIDOT, que puede predecir la existencia de tal línea, pero fracasar en la previsión de su desplazamiento o del sitio donde se vuelva estacionaria.

- Muy a menudo, pero no siempre, los sondeos presentan un aumento de la velocidad del viento con la altura (cizalladura moderada a fuerte como en el caso de supercélulas o multicélulas organizadas).

3.2.3. Factores agravantes.

- Tropopausa elevada (suele superar los 11/12 km).

- Forzamiento sinóptico (los campos de velocidad vertical parecen ser un buen indicador).

- Un máximo de chorro en 300 hPa es un factor agravante. Aumenta la cizalladura vertical, facilita la formación de células convectivas capaces de automantenerse y la fusión de dichas células; interviene en la forma del yunque nuboso y en la estructura lineal del sistema.

Quizás sea un factor necesario, pero una de las situaciones estudiadas (véase separata del libro) no tiene tal máximo de chorro (Pézenas).

- Presencia de una extensión de agua (mar cálido, estanque, albufera, zona pantanosa en las cercanías de grandes ríos ...) o de un relieve obstaculizando el flujo..

- Valor de la temperatura potencial equivalente: las cuatro situaciones estudiadas sugieren una posible relación con la intensidad horaria de precipitaciones:

* $\theta = 16/17^{\circ}$, entonces se pueden registrar hasta 60/65 mm/h debajo de una tormenta.

* $\theta = 18/20^{\circ}$, entonces se pueden registrar hasta 130 mm/h debajo de una tormenta.

Será preciso completar esta tabla con otras situaciones.

Conclusiones.

Dado el tamaño de la muestra (sólo cuatro situaciones), no se puede decir que estos criterios sean necesarios. Ni siquiera se puede decir que sean suficientes. Lo que sí podemos esperar es que, en un servicio operativo de predicción, la presencia de estas condiciones puedan incitar al predictor a una mayor vigilancia..

En efecto, esto lo experimentamos en el servicio de predicción y vigilancia del Sureste de Francia. Mientras que el episodio de Nîmes nos dejó un sentimiento tremendo de impotencia, el estudio ulterior de éste y de la situación de Narbonne nos proporcionó algunos criterios de diagnosis que nos permitieron reconocer el fenómeno cuando se produjo en Pézenas, y sospechar la presencia de inundaciones antes de conocer la realidad. Por fin, gracias al estudio de las tres primeras situaciones, hemos notado tres criterios esenciales característicos del ambiente sinóptico favorable a la formación de tales fenómenos:

- La marcada advección cálida en capas bajas.

- Las señales de humedad en los datos convencionales (St/Sc , T/Td elevados) y el marcado flujo de componente Este.

- La presencia de una línea de convergencia en los niveles bajos.

Estos tres criterios nos permitieron, en la situación de Châteauneuf-du-Pape, sospechar con suficiente antelación la posibilidad de formación de un sistema convectivo capaz de provocar inundaciones.

Estas constataciones no son los resultados de investigaciones, sino elementos prácticos elaborados por un grupo de predictores para tratar de mejorar su trabajo operativo. Antes que nada, son resultados de observación, pero deben mucho a algunas publicaciones meteorológicas internacionales, y sobre todo, a los trabajos de R. A. Scofield.

Referencias.

Scofield, R. A. (1985). *Satellite convective categories associated with heavy precipitation.*